

PCT/JP 99/07177

日本国特許庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

REC'D 02 FEB 2000

WIPO PCT
REC'D 04 FEB 2000

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日

Date of Application:

1999年 7月12日

出願番号

Application Number:

平成11年特許願第197851号

出願人

Applicant(s):

三菱レイヨン株式会社

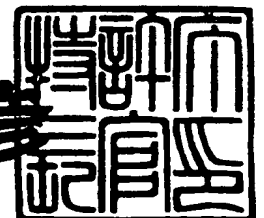
09/868994

PRIORITY
DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2000年 1月21日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

近藤 隆彦



出証番号 出証特平11-3095604

【書類名】 特許願

【整理番号】 11-418

【提出日】 平成11年 7月12日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04B 10/00

G02B 6/00

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊橋市牛川通四丁目 1 番地の 2 三菱レイヨン株式会社豊橋事業所内

【氏名】 斎藤 憲敬

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊橋市牛川通四丁目 1 番地の 2 三菱レイヨン株式会社豊橋事業所内

【氏名】 沖田 明光

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊橋市牛川通四丁目 1 番地の 2 三菱レイヨン株式会社豊橋事業所内

【氏名】 吉村 朋也

【特許出願人】

【識別番号】 000006035

【氏名又は名称】 三菱レイヨン株式会社

【代理人】

【識別番号】 100065385

【弁理士】

【氏名又は名称】 山下 穰平

【電話番号】 03-3431-1831

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 平成10年特許願第367308号

【出願日】 平成10年12月24日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 010700

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光伝送装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 短波長発光素子を有し該短波長発光素子から発せられる光を用いて外部から入力される電気信号に応じた光信号を発する光送信機と、

ベンゼン環を含まないメタクリレート系重合体を用いて芯材が構成されており、該芯材中での重合体に結合していない硫黄原子の量が 5 p p m 以下であり、且つ一方端が前記短波長発光素子に光学的に結合されたプラスチック光ファイバと

該プラスチック光ファイバの他方端に光学的に結合された受光素子を有し該受光素子の出力に基づく出力電気信号を発する光受信機とを備えていることを特徴とする光伝送装置。

【請求項 2】 前記芯材中での重合体に結合していない硫黄原子の量が 3 p p m 以下であることを特徴とする、請求項 1 に記載の光伝送装置。

【請求項 3】 前記芯材中での重合体に結合している硫黄原子の量が 200 ～ 1000 p p m の範囲内であることを特徴とする、請求項 1 または 2 に記載の光伝送装置。

【請求項 4】 前記短波長発光素子は最大発光波長が 600 n m 以下であることを特徴とする、請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の光伝送装置。

【請求項 5】 前記短波長発光素子は最大発光波長が 560 ～ 590 n m の範囲内にある黄色発光ダイオードであることを特徴とする、請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の光伝送装置。

【請求項 6】 前記短波長発光素子は最大発光波長が 490 ～ 550 n m の範囲内にある緑色発光ダイオードであることを特徴とする、請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の光伝送装置。

【請求項 7】 黄色発光素子を有し該黄色発光素子から発せられる光を用いて外部から入力される電気信号に応じた光信号を発する光送信機と、芯材がベンゼン環を含まないメタクリレート系重合体からなり且つ一方端が前記黄色発光素子に光学的に結合されたプラスチック光ファイバと、該プラスチック光ファイバ

の他方端に光学的に結合された受光素子を有し該受光素子の出力に基づく出力電気信号を発する光受信機とを備えており、前記プラスチック光ファイバを光が一方方向にのみ伝播するように構成されていることを特徴とする光伝送装置。

【請求項 8】 前記芯材中にメタクリレート系重合体に結合せずに残存する硫黄原子の量が 5 ppm 以下であることを特徴とする、請求項 7 に記載の光伝送装置。

【請求項 9】 前記芯材中にメタクリレート系重合体に結合せずに残存する硫黄原子の量が 3 ppm 以下であることを特徴とする、請求項 8 に記載の光伝送装置。

【請求項 10】 前記黄色発光素子は最大発光波長が 560～590 nm の範囲内にあり波長半値全幅が 40 nm 以下で全出射光量が 0 dBm 以上の発光ダイオードであることを特徴とする、請求項 7～9 のいずれかに記載の光伝送装置

。 【請求項 11】 前記プラスチック光ファイバは波長 560～590 nm における伝送損失が 0.1 dB/m 以下であり、前記黄色発光素子と前記プラスチック光ファイバとの接続損失が 10 dB 以下であることを特徴とする、請求項 7～10 のいずれかに記載の光伝送装置。

【請求項 12】 前記光受信機は波長 560～590 nm において最小受信感度が -25 dBm 以下であることを特徴とする、請求項 7～11 のいずれかに記載の光伝送装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、プラスチック光ファイバを用いた光伝送の技術に属するものであり、特に耐熱性の向上と長距離伝送とを目指した光伝送装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】

近年、LAN などのプラスチック光ファイバを用いた光通信の需要が高まるにつれて、その伝送距離の延長と耐環境性とくに耐熱性（温度変化に対して伝送特

性が変化しないこと)の向上とが要求されてきている。

【0003】

従来、光通信用の光伝送路を構成するプラスチック光ファイバとしては、低光吸収等の利点をもつポリメチルメタクリレート樹脂を芯材とするものが広く利用されている。そして、このようなプラスチック光ファイバを光伝送路とする光伝送装置においては、一般に光源として赤色発光ダイオードが用いられている。

【0004】

以上のような赤色発光ダイオードとポリメチルメタクリレート樹脂を芯材とするプラスチック光ファイバとを用いた従来の光伝送装置では、温度変動により光源の発光波長が変動しやすく、更にこの発光波長変動の発生に伴いプラスチック光ファイバの伝送損失が急激に増加し、なかでも波長半値全幅が広い発光素子の場合には波長 650 nm の近傍以外の波長成分が急速に減衰していくために伝送損失が大きくなり、長距離伝送が困難であった。プラスチック光ファイバを用いた現在市販されている光伝送装置では、100 m 程度の伝送が限度である。

【0005】

近年、発光ダイオード(LED)として青色発光のものや緑色発光の高出力のものが開発されており、それらの光通信用光源としての利用が期待されている。たとえば、耐熱性の観点から青色発光素子を光伝送装置の光源として用いることが、特開平 8-116309 号公報に記載されている。

【0006】

しかし、この特開平 8-116309 号公報に記載の光伝送装置は、青色発光素子を光源として使用することにより、光源自体の耐熱性は優れるが、一方では、この光源を従来のプラスチック光ファイバと組み合わせて使用すると、このプラスチック光ファイバの耐熱性が劣るという問題点がある。

【0007】

即ち、特開平 8-116309 号公報に記載のように、波長の短い光を発する青色発光素子は、広い禁制帯幅を持つことで温度変化による発光特性への影響は少なく、これにより耐熱性に優れたものとなる。しかし、従来のプラスチック光ファイバは、光ファイバの熱酸化劣化による電子遷移吸収が波長の短い光ほど顕

著に生じるので、青色領域では損失が増大するのである。

【0008】

また、特開平9-318853号公報には、一芯の光ファイバで双方向の通信を行う光送受信装置であって、発光波長が570nmの黄色発光素子とポリメチルメタクリレートをコアとするプラスチック光ファイバとを使用した光送受信装置が開示されている。しかし、この光送受信装置は、一芯で双方向の通信を行うものであり、長距離伝送を目的としたものでないため、S/Nが悪く長距離の光伝送を行うことができないという欠点があった。

【0009】

更に、特開平8-116309号公報に記載の光伝送装置及び特開平9-318853号公報に記載の光送受信装置は、いずれも使用されている光ファイバが青色や黄色などの短波長領域の光の伝送に適したものでないため、長距離の伝送には適さないものであった。

【0010】

そこで、本発明の目的は、以上のような従来技術の問題点に鑑みて、プラスチック光ファイバを用いた光伝送装置において良好な耐熱性を備え且つ長距離伝送が可能な光伝送装置を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】

本発明によれば、上記目的を達成するものとして、

短波長発光素子を有し該短波長発光素子から発せられる光を用いて外部から入力される電気信号に応じた光信号を発する光送信機と、

ベンゼン環を含まないメタクリレート系重合体を用いて芯材が構成されており、該芯材中での重合体に結合していない硫黄原子の量が5ppm以下であり、且つ一方端が前記短波長発光素子に光学的に結合されたプラスチック光ファイバと

、
該プラスチック光ファイバの他方端に光学的に結合された受光素子を有し該受光素子の出力に基づく出力電気信号を発する光受信機とを備えていることを特徴とする光伝送装置、

が提供される。

【0 0 1 2】

本発明の一態様においては、前記芯材中での重合体に結合していない硫黄原子の量が 3 p p m 以下である。

【0 0 1 3】

本発明の一態様においては、前記芯材中での重合体に結合している硫黄原子の量が 2 0 0 ~ 1 0 0 0 p p m の範囲内である。

【0 0 1 4】

本発明の一態様においては、前記短波長発光素子は、最大発光波長が 6 0 0 n m 以下である。本発明の一態様においては、前記短波長発光素子は最大発光波長が 5 6 0 ~ 5 9 0 n m の範囲内にある黄色発光ダイオード、または、最大発光波長が 4 9 0 ~ 5 5 0 n m の範囲内にある緑色発光ダイオードである。

【0 0 1 5】

また、本発明によれば、上記目的を達成するものとして、

黄色発光素子を有し該黄色発光素子から発せられる光を用いて外部から入力される電気信号に応じた光信号を発する光送信機と、芯材がベンゼン環を含まないメタクリレート系重合体からなり且つ一方端が前記黄色発光素子に光学的に結合されたプラスチック光ファイバと、該プラスチック光ファイバの他方端に光学的に結合された受光素子を有し該受光素子の出力に基づく出力電気信号を発する光受信機とを備えており、前記プラスチック光ファイバを光が一方向にのみ伝播するように構成されていることを特徴とする光伝送装置、
が提供される。

【0 0 1 6】

本発明の一態様においては、前記芯材中にメタクリレート系重合体に結合せずに残存する硫黄原子の量が 5 p p m 以下好ましくは 3 p p m 以下である。

【0 0 1 7】

本発明の一態様においては、前記黄色発光素子は最大発光波長が 5 6 0 ~ 5 9 0 n m の範囲内にあり波長半値全幅が 4 0 n m 以下で全出射光量が 0 d B m 以上の発光ダイオードであり、前記プラスチック光ファイバは波長 5 6 0 ~ 5 9 0 n

mにおける伝送損失が0.1 dB/m以下であり、前記黄色発光素子と前記プラスチック光ファイバとの接続損失が10 dB以下であり、前記光受信機は波長560～590 nmにおいて最小受信感度が-25 dBm以下である。

【0018】

【発明の実施の形態】

本発明の光伝送装置においては、プラスチック光ファイバの一端に光送信機が接続され、他端に光受信機が接続されている。光送信機から発せられた光は、プラスチック光ファイバ中を伝播して光受信機へと向かう。

【0019】

本発明において、光送信機の有する短波長発光素子とは、従来のプラスチック光ファイバ伝送装置に使用されている光源である赤色発光素子（最大発光波長640～670 nm）と比較して短い最大発光波長の発光素子である。この短波長発光素子としては、最大発光波長が600 nm以下の発光素子たとえば最大発光波長560～590 nmの黄色発光素子や最大発光波長490～550 nmの緑色発光素子を使用することができる。短波長発光素子の最大発光波長は、例えば400 nm以上である。

【0020】

短波長発光素子の具体例としては、緑色発光素子としてGa_{0.5}N_{0.5}系やZn_{0.5}Se_{0.5}系の半導体レーザや発光ダイオード（LED）を挙げることができ、また黄色発光素子としてInGa_{0.5}N_{0.5}系やInGa_{0.5}Al_{0.5}P系の半導体レーザやLEDを挙げることができる。緑色発光の半導体レーザや黄色発光の半導体レーザは現在のところ一般には入手困難であるので、緑色発光のLEDや黄色発光のLEDを用いるのが好ましい。これらのうちで、Ga_{0.5}N_{0.5}系の緑色発光またはInGa_{0.5}N_{0.5}系の黄色発光のLEDは発光量が大きいのので特に好ましい。また、短波長発光LEDの波長半値全幅を小さくするためには、量子井戸構造のLEDを使用することが好ましい。

【0021】

また、例えば150 m以上の長距離伝送を達成するために、黄色発光素子等の短波長発光素子としては、波長半値全幅40 nm以下、全出射光量0 dBm以上

のものを用いるのが好ましい。黄色発光LED等の短波長発光LEDの波長半値全幅を小さくするためには、単一量子井戸構造のLEDを使用することが好ましい。

【0022】

光送信機は、公知の構造とすることができ、例えば、上記短波長発光素子、該短波長発光素子のための駆動回路、及び外部から入力される電気信号を変調して上記駆動回路に供給する変調回路等から構成することができる。

【0023】

プラスチック光ファイバとしては、公知のものを使用することができ、例えば、芯・鞘構造を有しその界面において屈折率が急激に変化するステップインデックス型のものや芯部の屈折率が中心から外周に向かって連続的に低下するグレーデッドインデックス型のものを用いることができる。また、曲げ損失を小さくするためには、複数の芯部が海材によって互いに隔てられた状態で一体化されてなるマルチコア型のプラスチック光ファイバが好ましく用いられ、伝送帯域を広げるためには、屈折率が異なる（共）重合体が同軸状に多層積層されてなる芯部を有し、芯部において屈折率が中心から外周に向かって段階的に低下するプラスチック光ファイバなどが好ましく用いられる。このようなプラスチック光ファイバは、公知の方法により得ることができ、例えば溶融複合紡糸法を用いて製造することができる。例えば150m以上の長距離伝送を達成するためには、短波長発光素子の発光波長域（短波長発光素子として黄色発光素子を使用する場合には、波長560nm以上590nm以下）にわたって伝送損失が0.1dB/m以下のプラスチック光ファイバを用いるのが好ましい。

【0024】

芯材にはベンゼン環を含まないメタクリレート系重合体を使用される。芯材としてベンゼン環を含まないメタクリレート系重合体を使用した光ファイバは、本発明の光伝送装置に用いる黄色発光素子や緑色発光素子などの短波長発光素子からの光に対する伝送特性が特に優れている。このようなメタクリレート系重合体としては、ポリメチルメタクリレート系重合体が好ましく用いられる。ポリメチルメタクリレート系重合体としては、メチルメタクリレートを60重量%以上含

む重合体を使用することが好ましく、80重量%以上含む重合体を使用するのが更に好ましい。メチルメタクリレートと共重合させる単量体としてはフッ素化アルキルメタクリレートが好ましく、中でも2, 2, 3, 3-テトラフルオロプロピルメタクリレートが低損失光ファイバの実現の観点から特に好ましい。特に、光ファイバとして屈折率の異なる(共)重合体と同軸状に多層積層されてなる芯部を有する光ファイバを使用する場合、芯部の各層を共重合組成比が異なるメチルメタクリレートと2, 2, 3, 3-テトラフルオロプロピルメタクリレートとの(共)重合体から構成すると、高速の信号を長距離伝送することが可能になるので好ましい。

【0025】

芯材用重合体の製造には、光ファイバとして賦形する際に溶融時の粘度を調整すること、及び賦形時における構造形成による散乱因子増大を防ぐことを目的として、重合体の分子量を調整するためにメルカプタン系連鎖移動剤を使用することが好ましい。この連鎖移動剤のうちで、連鎖移動反応によって重合体と結合した硫黄成分は、加熱した場合の光吸収損失や加湿した場合の散乱損失を大きくすることはなく、かえって光ファイバの耐熱分解性を高める。

【0026】

芯材中の重合体に結合している硫黄原子の含有量は、200ppm以上であることが好ましく、400ppm以上であることがより好ましい。重合体に結合している硫黄原子の含有量が少な過ぎると、芯材の耐熱分解性が不十分となったり、溶融粘度が高くなり過ぎて、光ファイバの賦形が困難となるおそれがある。また、芯材の溶融粘度が低くなり過ぎて光ファイバの賦形が困難になることを防ぐためには、重合体に結合している硫黄原子の含有量は、1000ppm以下であることが好ましく、800ppm以下であることがより好ましい。

【0027】

芯材用重合体としては、未反応のメルカプタン及びこのメルカプタンの反応により生成するジスルフィド化合物等の重合体に結合していない硫黄原子の量(以下、単に「残存硫黄量」という)が少ないものを使用することが好ましく、重合体に結合していない硫黄原子が5ppm以下であることが更に好ましく、3ppm

m以下望ましくは1 ppm以下であることが特に好ましい。重合体に結合していない硫黄原子が芯材中に多く存在すると、これを例えば紡糸加工した場合の熱履歴により着色が生じ、特に本発明において主に使用される490～590 nmの波長域などの600 nm以下の波長域での吸収損失が大きくなるおそれがあり、また、この波長域での光ファイバの耐熱性を劣化させる原因となる。

【0028】

このような芯材は、その原料となる単量体を一部重合させて得られる反応混合物を、例えば特公昭52-17555号公報に記載のベント型押出機を使用し、適切な条件下で脱揮することにより得ることができる。この場合、重合体を好ましくは30～70重量%の割合で含む反応混合物を予め170℃以上に加熱昇温した後、細孔またはスリットなどの狭い間隙を通して、ベント押し出し機の供給部のスクリーに直接吹きつけ、揮発物の大部分を500 Torr以下の圧力条件下にある第一ベント部で分離回収し、更に残揮発物を該第一ベント部の下流に設けた第二ベント部で、200℃～270℃好ましくは230℃～270℃、圧力50 Torr以下において除去することが好ましい。更に下流に、230℃～270℃、圧力50 Torr以下の条件下にある第三ベント部を設けて揮発物を除去してもよい。なお、この揮発物とは、未反応単量体、二量体、未反応のメルカプタンなどをいう。

【0029】

また、ベント押出機として単軸のベント押出機を用いる場合には、重合体に結合していない硫黄成分の含有量を5 ppm以下にするための、反応混合物の供給量とベント押出機の大きさとの関係は、

$$Q \leq 0.002 \times \phi^2 \times \sqrt{N} \quad (N)$$

ここで、

Q：反応混合物供給量 [リットル/hr]

ϕ ：スクリー径 [mm]

N：スクリー回転数 [rpm]

を満足するように選択することが好ましい。

【0030】

脱揮を容易に行うためには、芯材用重合体を製造する際に比較的蒸気圧の高いメルカプタンを使用することが好ましく、*n*-ブチルメルカプタン、*t*-ブチルメルカプタンなどの炭素数3～6個のアルキルメルカプタンが好ましい。メルカプタンの使用量を少なくするためには、連鎖移動定数の大きい*n*-ブチルメルカプタンを使用することが特に好ましい。

【0031】

図2に、芯材中のポリメチルメタクリレート重合体に結合していない残存硫黄量をパラメータとして、ポリメチルメタクリレート重合体を芯材として用いたプラスチック光ファイバの伝送損失の波長依存性の測定結果を示す。

【0032】

図3に、残存硫黄量をパラメータとして、65℃1000時間の耐熱試験を行った前後の、伝送損失の波長依存性の測定結果を示す。図3においては、芯材中の残存硫黄量が3.4ppmのプラスチック光ファイバと残存硫黄量が14ppmのプラスチック光ファイバについての測定結果を示す。破線がそれぞれ耐熱試験前の測定結果であり、実線がそれぞれ耐熱試験後の測定結果である。

【0033】

図2からわかるように、波長640～670nmの赤色では、プラスチック光ファイバの芯材中の残存硫黄量は伝送損失に殆ど影響を与えない。一方、波長490～550nmの緑色や波長560～590nmの黄色では、芯材中の残存硫黄量を少なくすることにより、著しく伝送損失を低減させることができる。また、図3からわかるように、波長640～670nmの赤色では、プラスチック光ファイバの芯材中の残存硫黄量は耐熱性（耐熱試験後のプラスチック光ファイバの伝送損失の増加）には殆ど影響を与えない。一方、波長600nm以下の短波長領域では、芯材中の残存硫黄量を少なくすることにより、著しく耐熱性を向上させることができる。即ち、ベンゼン環を含まないメタクリレート系重合体とくにポリメチルメタクリレート重合体を芯材として用いたプラスチック光ファイバを用いて光伝送装置を構成する場合に、光送信機の発光素子として緑色や黄色等の短波長発光素子を用い、且つ、プラスチック光ファイバとして芯材中の残存硫黄量の少ないものを用いることにより、長距離伝送が可能となり且つ耐熱性が向

上するのである。

【0034】

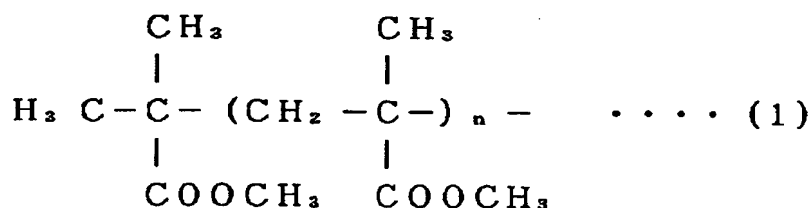
このように、緑色や黄色の短波長発光素子を用いた光送信機と、芯材中の残存硫黄量の少ないプラスチック光ファイバとの組み合わせを採用することによって、従来のプラスチック光ファイバの使用での問題点とされていた短波長領域での重合体に結合しない硫黄原子の熱酸化劣化による芯材の着色が防止され耐熱性が向上する効果に加えて、長距離伝送が可能となる効果を得ることができる。

【0035】

また、芯材のポリメチルメタクリレート系重合体としては、ラジカル開始剤に起因する分子末端構造が下記の化学式(1)に示す構造であるものが好ましい：

【0036】

【化1】



(ここで、nは1以上の整数である)

【0037】

この分子末端構造はメチルメタクリレート単量体の構造と同じであり、ラジカル開始剤の異質な分子構造に起因する光吸収や光散乱の影響を受けないため、このような芯材は透光性能に特に優れている。

【0038】

黄色発光素子などの短波長発光素子とプラスチック光ファイバの一方の端面との光学的結合に用いられるコネクタとしては、SMA型 [IEC 60874-2 (Sectional specification for fibre optic connector-Type F-SMA)] のものやFO7型 [JIS C5976 (FO7型2心光ファイバコネクタ)] のものを用いるのが

好ましい。また、例えば150m以上の長距離伝送を達成するためには、黄色発光素子などの短波長発光素子とプラスチック光ファイバとの接続損失を小さくするのが好ましい。このような低接続損失は、黄色発光素子などの短波長発光素子の発光領域を小さくしたり、レンズを使用して光ファイバへの入射光のNAを小さくしたり（例えば光ファイバのNA〔例えば0.5〕以下）することで、実現することができる。

【0039】

受光素子としては、短波長領域に感度をもつ受光ダイオードを用いることができる。このような受光ダイオードとしては、例えばシリコンpinフォトダイオードを用いることができる。

【0040】

光受信機は、公知の構造とすることができ、例えば、上記受光素子、及び該受光素子からの出力信号を処理し外部に出力する電気信号を得るための増幅回路、識別回路及び復調回路等から構成することができる。

【0041】

プラスチック光ファイバの他方の端面と受光素子との光学的結合に用いられるコネクタとしては、上記の黄色発光素子などの短波長発光素子とプラスチック光ファイバの一方端面との光学的結合に用いられるコネクタと同様に、SMA型のものやFO7型のものを用いることができる。

【0042】

本発明の光伝送装置は、1本のプラスチック光ファイバに一方向の光のみを伝送させることも可能であり双方向の光を伝送させることも可能である。長距離の光伝送を行うためには、1本のプラスチック光ファイバに一方向の光のみを伝送させることが好ましい。短波長発光素子として黄色発光素子を用いた場合に、1本のプラスチック光ファイバに一方向の光のみを伝送させるように光伝送装置を構成すると、長距離の光伝送が可能であり且つ耐熱性に優れた光伝送装置となるので好ましい。

【0043】

以下、図面を参照しながら本発明の実施の形態を更に詳細に説明する。

【0044】

図1は、本発明による光伝送装置の一実施形態の構成を示すブロック図である。図1において、光送信機1と光受信機3とがプラスチック光ファイバ2により光学的に接続されており、光送信機1には外部から入力電気信号11が入力され、光受信機3からは外部に出力電気信号35が出力される。光送信機1とプラスチック光ファイバ2の一方端との光学的結合はSMAコネクタ4を用いてなされており、光受信機3とプラスチック光ファイバ2の他方端との光学的結合はSMAコネクタ5を用いてなされている。

【0045】

光送信機1は、変調回路12と黄色発光ダイオード14と該黄色発光ダイオード14を駆動するための駆動回路13とを有する。変調回路12では、入力電気信号11をFSK変調し、例えば、入力電気信号11が0Vの場合には125kHzの信号に変換し、入力電気信号11が5Vの場合には500kHzの信号に変換する。駆動回路13は、変調回路12からの信号に基づき、発光ダイオード14を例えばハイレベル20mA且つローレベル0mAで駆動する。黄色発光ダイオード14としては、例えばInGaN系のもので、電流値20mAにおいて、最大発光波長が570nmで波長半値全幅が38nmで全出射光量が0dBmであるものを用いることができる。黄色発光ダイオード14の発光領域は0.2mm四方の正方形とされており、光ファイバへの入射光のNAは0.5とされている。

【0046】

光受信機3は、黄色領域などの短波長領域に感度を有するシリコンpinフォトダイオード31と受光増幅回路32と識別回路33と復調回路34とを有する。受光増幅回路32はシリコンpinフォトダイオード31の出力電流を電圧に変換し、増幅する。識別回路33は受光増幅回路32からの信号のハイレベル、ローレベルの識別を行う。復調回路34は識別回路33からの信号を復調し、125kHzの信号の場合には0Vに変換して出力電気信号35として出力し、500kHzの信号の場合には5Vに変換して出力電気信号35として出力する。この光受信機3は、波長570nmにおいて、20kbpsのNRZ信号に対し

て、符号誤り率 (BER) 10^{-7} を満足し平均最小受信感度が -41.5 dBm である。

【0047】

プラスチック光ファイバ2は、芯材がポリメチルメタクリレート重合体からなり鞘材がフッ化ビニリデン-テトラフルオロエチレン共重合体からなるステップインデックス型のものである。このプラスチック光ファイバ2は、芯材中の残存硫黄量が 0.7 ppm であり、芯材中の重合体に結合している硫黄原子の含有量が 600 ppm である。その伝送損失の波長依存性は図2に示されている。

【0048】

なお、芯材に用いた重合体中の硫黄成分含有量の測定は次のようにして行った。

【0049】

(i) 重合体に結合している硫黄原子の含有量の測定

ドーマン微量電量滴定装置 MCTS-130 を用いて測定した。予め、硫黄原子濃度既知の標準試料を測定して検量線を作成した。次に、芯材に用いた重合体をその10倍量のアセトンに溶解させ、その溶液をメタノール中に滴下して重合体を沈殿させ、重合体のみを分離回収し乾燥させて重合体試料とした。この重合体試料を測定し、検量線から読み取った値を重合体単位量あたりに換算した数値を重合体に結合している硫黄原子の量とした。

【0050】

(ii) 重合体に結合していない硫黄原子の含有量の測定

測定装置としてHP社製ガスクロマトグラフ 5890 SERIES (II) を用い、カラムはジーエルサイエンス (株) 製 TC-WAX 長さ 30 m 、内径 0.53 mm 、膜厚 $1.0 \mu\text{m}$ のものを用いた。検出器は硫黄に高い感度を有する炎光光度検出器を使用し、重合体中に残存する n -ブチルメルカプタンあるいは n -オクチルメルカプタン、及びこれらのメルカプタンどうしの反応により生成するジスルフィド化合物の定量分析を行った。定量分析は、溶媒をアセトンとし、予め濃度既知の標準液を測定して検量線を作成した後、重合体濃度約 $13 \text{ wt} / \text{vol} \%$ で溶解した試料溶液を測定し、検量線から得られた定量値を硫黄原子換

算した値を重合体に結合していない硫黄原子の含有量とした。

【0051】

なお、*n*-ブチルメルカプタンを用いた場合には*n*-ブチルメルカプタンとジ-*n*-ブチルジスルフィドとの硫黄原子換算した値の合計値、*n*-オクチルメルカプタンを用いた場合には*n*-オクチルメルカプタンとジ-*n*-オクチルジスルフィドとの硫黄原子換算した値の合計値とした。

【0052】

波長 570 nm の平行光で測定した伝送損失は、0.06 dB/m である。光送信機 1 を接続した場合の伝送損失は、発光ダイオード 14 の波長の広がりと高次モード成分による損失増加のために 0.1 dB/m まで増加する。

【0053】

黄色発光ダイオード 14 は、SMA コネクタ 4 によりプラスチック光ファイバ 2 の一方端と光学的に結合している。尚、光送信機 1 の平均送信レベル（光ファイバ 1 m 伝送後に変調をかけた状態での光量レベル）は -9 dBm である。

【0054】

シリコン pin フォトダイオード 31 は、SMA コネクタ 5 によりプラスチック光ファイバ 2 の他方端と光学的に結合している。

【0055】

【実施例】

上記図 1 に関し説明した光伝送装置及びそれに一部変更を加えた光伝送装置において、伝送実験と耐熱性試験とを、以下の通り実施した。

【0056】

〔実施例 1〕

図 1 に示されている光伝送装置全体を恒温槽内に配置し、送信レベルの温度特性を測定した。その結果を図 4 に示す。図 4 では、温度 25℃ での光量レベルを 0 dB として表示している。本実施例 1 の光伝送装置は、0～85℃ の広い温度範囲で送信レベルが安定しており、耐熱性が優れていることが確認された。

【0057】

次に、乾燥条件下、温度 85℃ で、本実施例 1 の光伝送装置で使用したプラス

チック光ファイバ2の伝送損失特性の経時変化を測定した。その結果、1000時間後に、波長570nmにおいて伝送損失増加はみられなかった。

【0058】

以上の結果から、本実施例1の光伝送装置は、発光素子及び光ファイバとも優れた耐熱特性を示し、20kbps NRZ信号伝送において、300mの長距離伝送が可能（デジタル信号伝送で符号誤り率 10^{-7} 以下：以下、伝送可能距離に関して同様）であることがわかった。

【0059】

〔実施例2〕

黄色発光ダイオード14の代わりに緑色発光ダイオードを用いることを除いて上記実施例1の光伝送装置と同一の光伝送装置を構成した。

【0060】

ここで使用した緑色発光ダイオードは、InGaN系のもので、電流値20mAにおいて、最大発光波長が525nmで波長半値全幅が20nmで全出射光量が3dBmであった。光送信機1の平均送信レベルは-7dBmであった。光受信機3の20kbps NRZ信号伝送におけるBER 10^{-7} 以下を満足する平均最小受光感度は、波長525nmにおいて、-41.0dBであった。

【0061】

上記実施例1と同様にして、光伝送装置の耐熱試験を実施した。その結果を図4に示す。本実施例2の光伝送装置は、0～85℃の広い温度範囲で送信レベルが安定しており、耐熱性が優れていることが確認された。

【0062】

また、上記実施例1と同様にして、プラスチック光ファイバ2の伝送損失特性の経時変化を測定したところ、1000時間後、波長525nmにおいて光ファイバの伝送損失増加はみられなかった。

【0063】

以上の結果から、本実施例2の光伝送装置は、発光素子及び光ファイバとも優れた耐熱特性を示し、20kbps NRZ信号伝送において、320mの長距離伝送が可能であることがわかった。

【0064】

[実施例3]

プラスチック光ファイバ2として芯材中の残存硫黄量が27ppmで重合体に結合している硫黄原子の含有量が590ppmのもの(図2に伝送損失の波長依存性を示す)を用いることを除いて上記実施例1の光伝送装置と同一の光伝送装置を構成した。

【0065】

波長570nmにおいて、平行光で測定した伝送損失は0.09dB/mであった。光送信機1を接続した場合の伝送損失は、発光ダイオード14の波長の広がり和高次モード成分による損失増加のために、0.13dB/mまで増加した。

【0066】

上記実施例1と同様にして、プラスチック光ファイバ2の伝送損失特性の経時変化を測定したところ、1000時間後、波長570nmにおいて0.005dB/m程度の伝送損失増加がみられた。

【0067】

以上の結果から、本実施例3の光伝送装置は、光ファイバの耐熱特性は実施例1の場合に比べて低下するが、その低下は実際上の使用において許容し得るものであり、耐熱性は良と判定できる。また、20kbpsNRZ信号伝送において、240mの伝送が可能であり、耐熱試験の結果から、85℃1万時間の熱劣化を予測すると、伝送距離は180mとなることがわかった。

【0068】

[比較例1]

黄色発光ダイオード14の代わりに赤色発光ダイオードを用いることを除いて上記実施例1の光伝送装置と同一の光伝送装置を構成した。

【0069】

ここで使用した赤色発光ダイオードは、GaAlAs系のもので、電流値20mAにおいて、最大発光波長が660nmで波長半値全幅が20nmで全出射光量が6dBmであった。

【0070】

図2に示されているように、プラスチック光ファイバ2の波長660nmでの伝送損失は0.17dB/mであるが、光送信機1を接続した場合の伝送損失は、発光ダイオードの波長の広がりと高次モード成分による損失増加のために0.23dB/mとなった。光送信機1の平均送信レベルは-6dBmであった。光受信機3の20kbps NRZ信号伝送におけるBER 10^{-7} 以下を満足する平均最小受光感度は、波長660nmにおいて、-43.0dBであった。

【0071】

上記実施例1と同様にして、光伝送装置の耐熱試験を実施した。その結果を図4に示す。本比較例1の光伝送装置は、0～85℃の温度範囲で送信レベルが2.5dBと大きく変化した。

【0072】

また、上記実施例1と同様にして、プラスチック光ファイバ2の伝送損失特性の経時変化を測定したところ、1000時間後、波長660nmにおいて光ファイバの伝送損失増加はみられなかった。

【0073】

以上の結果から、本比較例1の光伝送装置は、発光素子の耐熱特性が劣っており、20kbps NRZ信号伝送において、150mまでしか伝送が可能でないことがわかった。更に、送信レベルの0～85℃における温度変動を見込むと、伝送距離は140mとなることがわかった。

【0074】

〔比較例2〕

プラスチック光ファイバ2として芯材中の残存硫黄量27ppmで重合体に結合している硫黄原子の含有量が590ppmのもの（図2に伝送損失の波長依存性を示す）を用いることを除いて上記実施例2の光伝送装置と同一の光伝送装置を構成した。

【0075】

波長525nmにおいて、平行光で測定した伝送損失は0.09dB/mであった。光送信機1を接続した場合の伝送損失は、発光ダイオード14の波長の広

がりと高次モード成分による損失増加のために、 0.13 dB/m まで増加した。

【0076】

上記実施例1と同様にして、プラスチック光ファイバ2の伝送損失特性の経時変化を測定したところ、1000時間後、波長 525 nm において 0.018 dB/m 程度の伝送損失増加がみられた。

【0077】

以上の結果から、本比較例3の光伝送装置は、光ファイバの耐熱特性が劣っており、 20 kbps NRZ 信号伝送において、 240 m の伝送が可能であるが、しかし、耐熱試験の結果から 85°C 1万時間の熱劣化を予測すると、伝送距離は 100 m となることがわかった。

【0078】

〔比較例3〕

プラスチック光ファイバ2として芯材中の残存硫黄量 27 ppm で重合体に結合している硫黄原子の含有量が 590 ppm のもの（図2に伝送損失の波長依存性を示す）を用いることを除いて上記比較例2の光伝送装置と同一の光伝送装置を構成した。

【0079】

波長 660 nm において、平行光で測定した伝送損失は 0.18 dB/m であった。光送信機1を接続した場合の伝送損失は、発光ダイオード14の波長の広がりや高次モード成分による損失増加のために、 0.24 dB/m まで増加した。

【0080】

上記実施例1と同様にして、プラスチック光ファイバ2の伝送損失特性の経時変化を測定したところ、1000時間後、波長 660 nm において光ファイバの伝送損失増加はみられなかった。

【0081】

以上の結果から、本比較例4の光伝送装置は、発光素子の耐熱特性が劣っており、 20 kbps NRZ 信号伝送において、 150 m までしか伝送が可能でない

ことがわかった。更に、送信レベルの0～85℃における温度変動を見込むと、伝送距離は140mとなることがわかった。

【0082】

以下の表1に、実施例と比較例とをまとめた結果を示す。

【0083】

【表1】

	実施例			比較例		
	1	2	3	1	2	3
光送信機 光源色 (波長 [nm])	黄 (570)	緑 (525)	黄 (570)	赤 (660)	緑 (525)	赤 (660)
平均送信レベル [dBm]	-9	-7	-9	-6	-7	-6
光受信機 (20kbps時) 最大受信感度 [dBm]	-9以上	-7以上	-9以上	-6以上	-7以上	-6以上
最小受信感度 [dBm]	-41.5	-41.0	-41.5	-43.0	-41.0	-43.0
光ファイバ 残存硫黄量 [ppm]	0.7	0.7	27.0	0.7	27.0	27.0
伝送損失 [dB/m]	0.06	0.07	0.09	0.17	0.09	0.18
伝送距離 [m] 常温	300	320	240	150	240	150
85℃ 1万時間後推定	300	320	180	140	100	140
耐熱性 発光素子 光ファイバ	優 優	優 優	優 良	劣 優	優 劣	劣 優

【0084】

なお、表1において、

- ・送信レベルは、光ファイバ1m伝送後に変調をかけた状態での光量レベル
- ・受信感度は、符号誤り率が 10^{-7} 以上となる光量レベル
- ・伝送損失は、単色平行光での測定値

・伝送距離は、符号誤り率が 10^{-7} 以下となる最大伝送距離である。

【0085】

以上のように、最大発光波長 660 nm の赤色発光ダイオードを使用した光伝送装置の場合は、伝送距離が短く、発光素子の耐熱性が劣っており、プラスチック光ファイバの芯材中の残存硫黄量を減少させても、伝送距離や耐熱性に殆ど影響を及ぼさなかった。これに対して、最大発光波長 570 nm の黄色発光ダイオード及び 525 nm の緑色発光ダイオードを使用した光伝送装置の場合には、プラスチック光ファイバの芯材中の残存硫黄量を減少させることで、伝送距離を大きく伸ばすことができ、更に耐熱性を改善することができた。

【0086】

このように、光伝送装置において、短波長発光素子を使用し且つプラスチック光ファイバの芯材中の残存硫黄量の少ないものを用いることが、伝送距離の延長及び耐熱性の向上に有効であることがわかった。

【0087】

【発明の効果】

以上の様に、本発明によれば、短波長発光素子と芯材がベンゼン環を含まず且つ残存硫黄量が 5 ppm 以下のメタクリレート系重合体を用いてなるプラスチック光ファイバとの組み合わせを用いて光伝送装置を構成しているので、良好な耐熱性での長距離伝送が可能になる。

【0088】

また、本発明によれば、黄色発光素子と芯材がベンゼン環を含まないメタクリレート系重合体からなるプラスチック光ファイバとの組み合わせを用い、プラスチック光ファイバを光が一方向にのみ伝播するように光伝送装置を構成しているので、良好な耐熱性での長距離伝送が可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明による光伝送装置の一実施形態の構成を示すブロック図である。

【図2】

プラスチック光ファイバの伝送損失の波長依存性を示す図である。

【図 3】

耐熱試験前後のプラスチック光ファイバの伝送損失の波長依存性を示す図である。

【図 4】

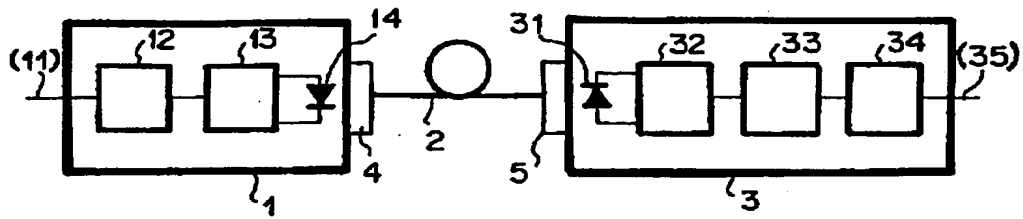
送信レベルの温度特性を示す図である。

【符号の説明】

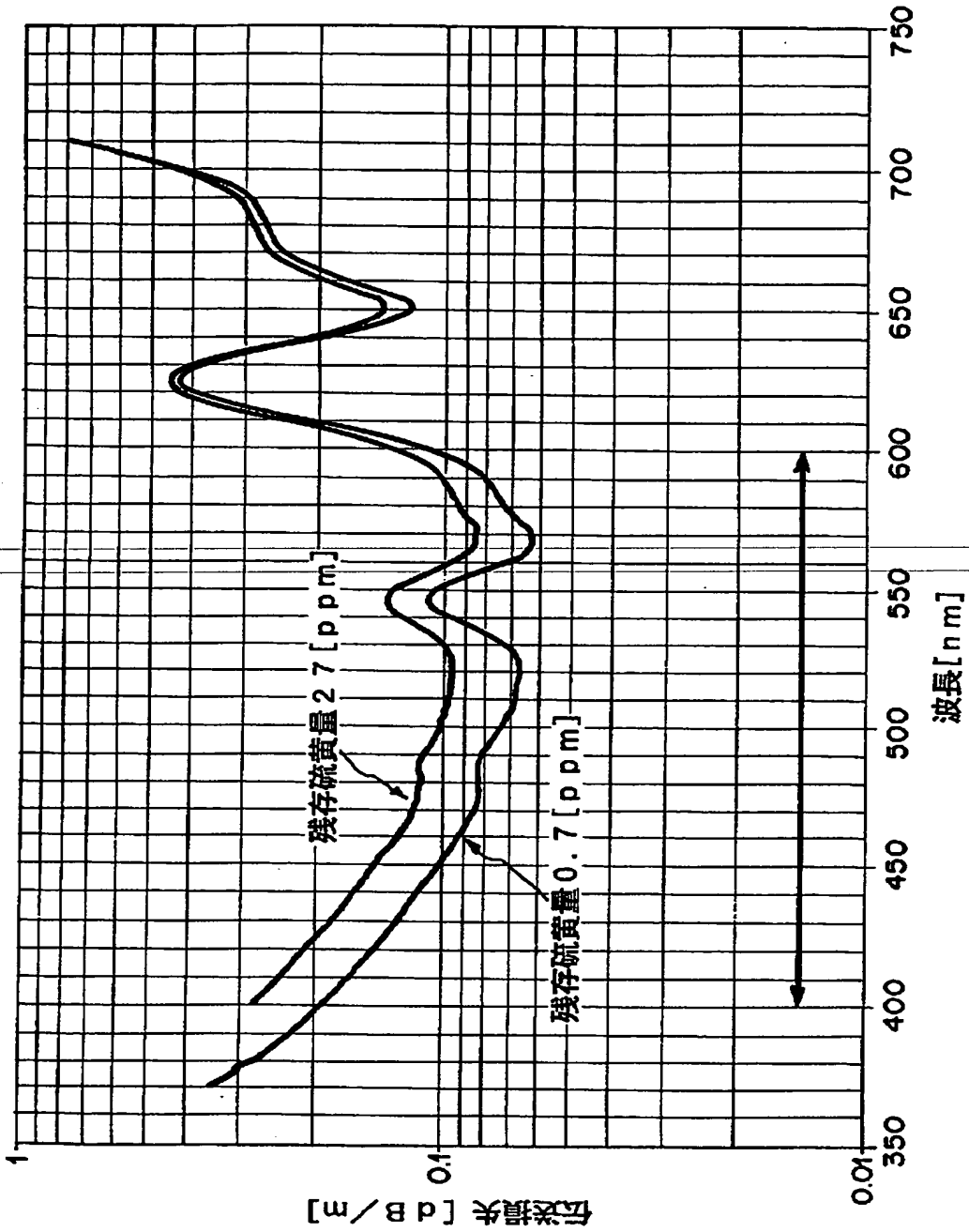
- | | |
|------|---------------------|
| 1 | 光送信機 |
| 2 | プラスチック光ファイバ |
| 3 | 光受信機 |
| 4, 5 | SMAコネクタ |
| 1 1 | 入力電気信号 |
| 1 2 | 変調回路 |
| 1 3 | 駆動回路 |
| 1 4 | 黄色発光ダイオード |
| 3 1 | シリコン p i n フォトダイオード |
| 3 2 | 受光増幅回路 |
| 3 3 | 識別回路 |
| 3 4 | 復調回路 |
| 3 5 | 出力電気信号 |

【書類名】 図面

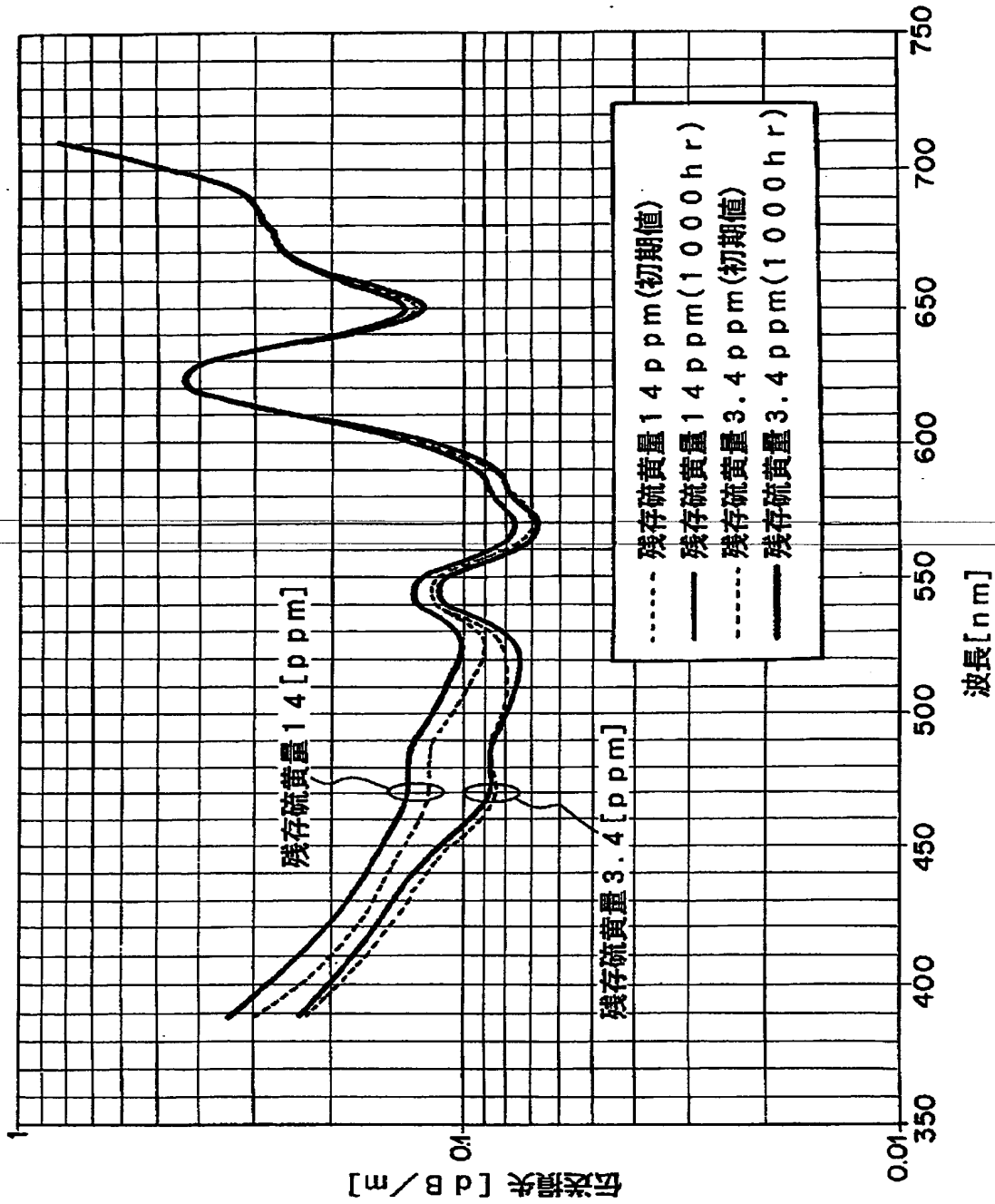
【図 1】



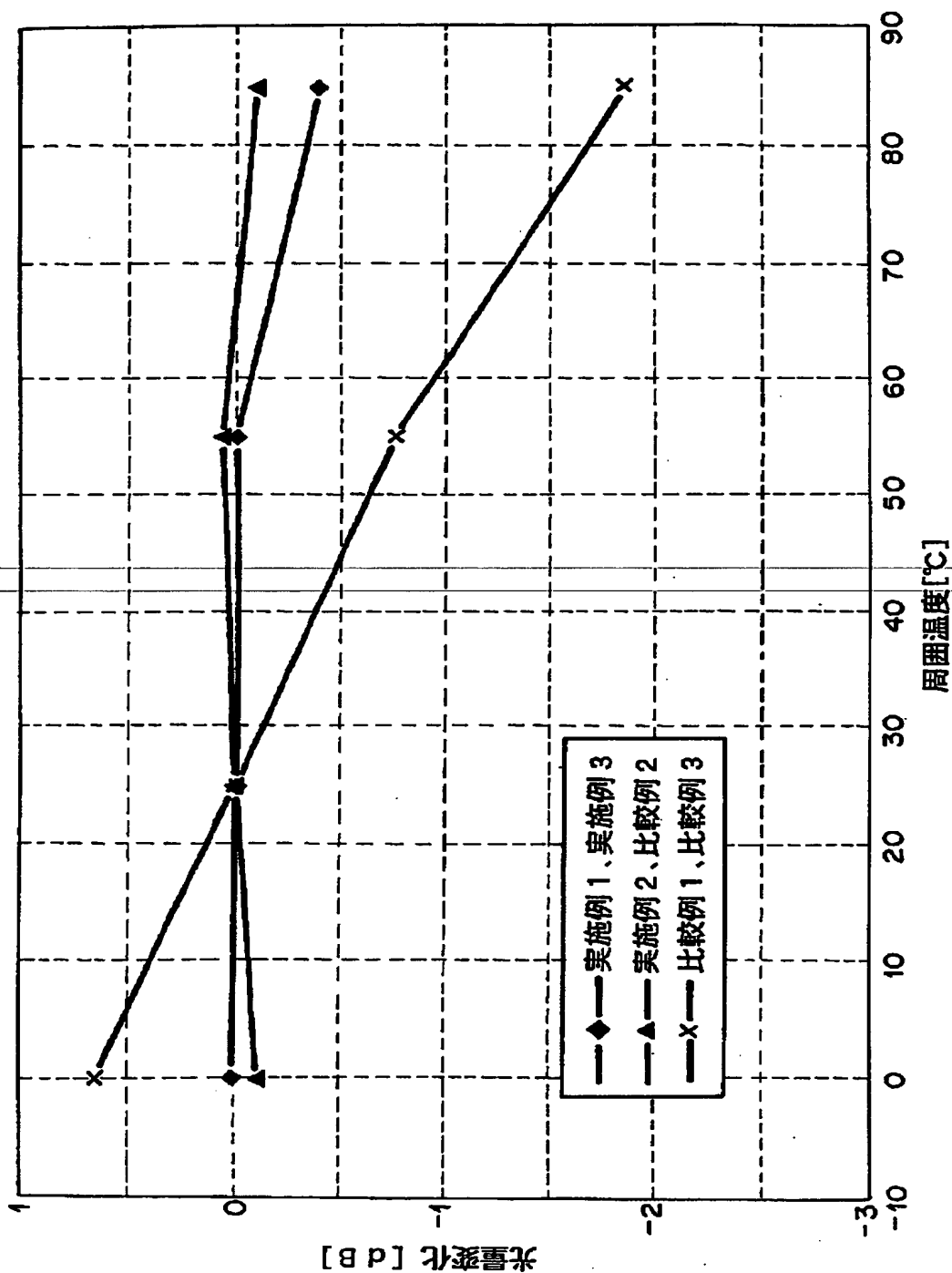
【図 2】



【図 3】



【図 4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 プラスチック光ファイバを用いた光伝送装置において良好な耐熱性での長距離伝送が可能な光伝送装置を提供する。

【解決手段】 最大発光波長が560～590nmの範囲内にある黄色発光ダイオードや490～550nmの範囲内にある緑色発光ダイオードなどの短波長発光素子14から発せられる光を用いて外部から入力される電気信号11に応じた光信号を発する光送信機1と、芯材がベンゼン環を含まないメタクリレート系重合体からなり、芯材中でのメタクリレート系重合体に結合していない硫黄原子の量が5ppm以下であり且つ一方端が発光素子14に光学的に結合されたプラスチック光ファイバ2と、プラスチック光ファイバ2の他方端に光学的に結合されたフォトダイオード31の出力に基づく出力電気信号35を発する光受信機3とを備えており、プラスチック光ファイバ2を光が一方向にのみ伝播するように構成されている。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000006035]

1. 変更年月日 1998年 4月23日
[変更理由] 住所変更
住 所 東京都港区港南一丁目6番41号
氏 名 三菱レイヨン株式会社

This Page Blank (uspto)